

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-260009

(43)Date of publication of application : 29.09.1998

(51)Int.Cl.

G01B 11/00

G01B 9/02

G01B 11/26

(21)Application number : 09-068269

(71)Applicant : NIKON CORP

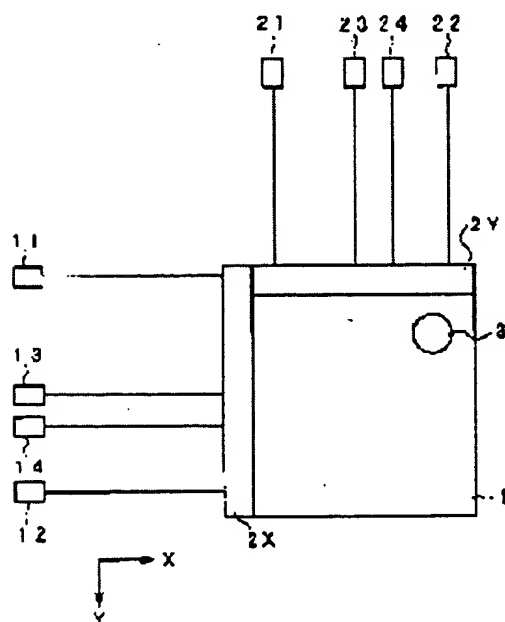
(22)Date of filing :

21.03.1997

(72)Inventor :

KATO KATSUHIRO

(54) COORDINATE MEASURING DEVICE



(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a coordinate measuring device which can avoid influence from shape of a moving mirror reliably.
SOLUTION: The device is equipped with shape measuring interferometers 13, 14 which detect the relative position between two points by irradiating two points on a moving mirror 2X with laser beam, and rotational angle detecting interferometers 21, 22 which detect the rotational angle of a stage 1 based on the relative position between two points when the laser beam is irradiated to the two points on the stage 1. The shape of the moving mirror 2X is determined by combining plural relative position data which are detected by the shape measuring interferometer 13, 14 when the stage 1 is moved along the moving mirror 2X, and by correcting relative position data based on rotational angle data which are detected by the rotational angle

interferometers 21, 22. Coordinates on measuring point are corrected based on the determined shape of the moving mirror 2X.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-260009

(43) 公開日 平成10年(1998) 9月29日

(51) Int.Cl.⁹

識別記号

F I

G 0 1 B 11/00

G 0 1 B 11/00

G

9/02

9/02

11/26

11/26

G

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平9-68269

(22) 出願日 平成9年(1997) 3月21日

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 加藤 勝弘

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

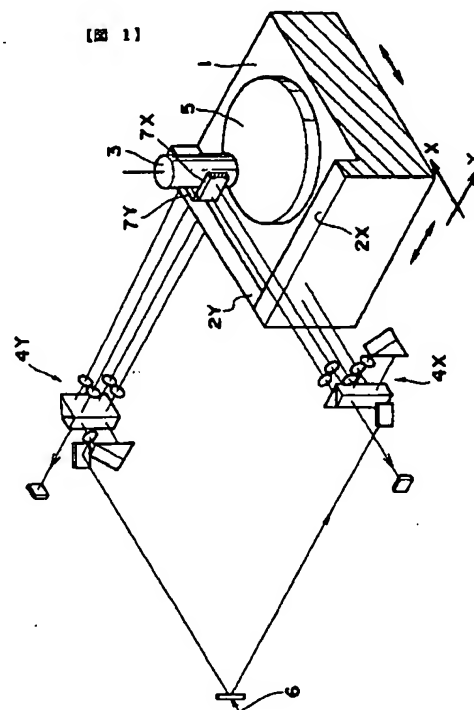
(74) 代理人 弁理士 永井 冬紀

(54) 【発明の名称】 座標測定装置

(57) 【要約】

【課題】 移動鏡の形状の影響を確実に排除することができる座標測定装置を提供する。

【解決手段】 移動鏡2Xの2点にレーザービームを照射することにより2点間の相対位置関係を検出する形状計測用干渉計13、14と、ステージ1の2点にレーザービームを照射したときの2点間の相対位置関係に基づいてステージ1の回転角を検出する回転角検出用干渉計21、22とを備え、移動鏡2Xに沿ってステージ1を移動したときに形状計測用干渉計13、14により検出した複数の相対位置関係データを繋ぎ合わせるとともに、回転角検出用干渉計21、22により検出した回転角データに基づいて相対位置関係データを補正することにより移動鏡2Xの形状を計測し、計測された移動鏡2Xの形状に基づいて測定点の座標を補正する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 被測定物を移動させるステージと、前記ステージに取付けられた平面状の移動鏡と、前記移動鏡に向けてレーザビームを照射することにより前記ステージの位置を計測する座標測定用干渉計と、前記被測定物上の測定点を検出する検出器とを備え、前記検出器が前記測定点を検出したときの前記ステージの位置を前記座標測定用干渉計によって計測することにより前記測定点の座標を測定する座標測定装置において、前記移動鏡の2点にレーザビームを照射することにより2点間の相対位置関係を検出する形状計測用干渉計と、前記ステージに設けた別の鏡の2点にレーザビームを照射したときの2点間の相対位置関係に基づいて前記ステージの回転角を検出する回転角検出用干渉計とを備え、前記移動鏡に沿って前記ステージを移動したときに前記形状計測用干渉計により検出した複数の相対位置関係データを繋ぎ合わせるとともに、前記回転角検出用干渉計により検出した回転角データに基づいて前記相対位置関係データを補正することにより前記移動鏡の形状を計測し、計測された前記移動鏡の形状に基づいて前記測定点の座標を補正することを特徴とする座標測定装置。

【請求項2】 前記移動鏡と直交して設けられた第2の移動鏡と、前記第2の移動鏡に向けてレーザビームを照射する第2の座標測定用干渉計とをさらに備え、前記移動鏡の形状計測時には前記ステージを前記第2の移動鏡の法線方向に移動させるとともに、前記回転角検出用干渉計は前記第2の移動鏡に向けてレーザビームを照射するものであることを特徴とする請求項1に記載の座標測定装置。

【請求項3】 前記形状計測用干渉計から射出されたレーザビームの光軸に挿入する平行平板を備え、前記平行平板を前記光軸に対して傾けることにより前記レーザビームを横ざらしすることを特徴とする請求項1または2に記載の座標測定装置。

【請求項4】 前記測定点の座標測定時には、前記形状計測用干渉計あるいは前記回転角検出用干渉計を用いて前記ステージの姿勢を計測し、計測された前記ステージの姿勢に基づいて前記測定点の座標を補正することを特徴とする請求項1～3のいずれか1項に記載の座標測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、被測定物を移動するステージの位置を介して被測定物の測定点の座標を測定する座標測定装置に関する。

【0002】

【従来の技術】被測定物を載置するステージに平面状の移動鏡を取付けておき、この移動鏡にレーザ光を照射することによりステージの位置を計測する座標測定装置が

知られている。図10に示すように、2つの移動鏡2Xおよび移動鏡2Yの鏡面をそれぞれX軸およびY軸に直交して取付けるとともに、移動鏡2Xに干渉計40XからX軸方向のレーザビームを、移動鏡2Yに干渉計40YからY軸方向のレーザビームをそれぞれ照射して反射させ、レーザ光の往復光路長を計測することによりステージ101のXY座標が計測できる。被測定物上の測定点が所定の位置に位置決めされるようにステージ101を移動した後に上述のようにステージ101の位置を計測することにより、ステージ101の位置を介して測定点の座標を測定することができる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし、座標測定装置のステージ101に取付ける移動鏡2X、2Yの平面度（真直度）精度が悪い場合、レーザ光の照射位置によってレーザ光の光路差にばらつきを生ずるため、座標測定データに誤差が混入する。移動鏡2X、2Yの平面度が悪い場合に、理想格子状のマスクパターン102の形状を測定したとすると、図10に示すように移動鏡2X、2Yの歪みに対して反転した歪みが測定データに現れる。したがって座標測定装置ではこのような移動鏡2X、2Yの歪みを補正しなければ真の形状（座標）を求めることができない。

【0004】移動鏡の歪みを補正する方法として、図11に示すように、同一マスクパターン103を0度および180度の回転姿勢で形状測定し、2つの座標測定結果からパターンの曲り成分を取り除く手法が考えられる。しかし、この方法では移動鏡2X、2Yの歪みのうち線対称な成分（偶数次成分）しか測定できず（図11（a））、点対称な歪み（奇数次成分）については測定できない。例えば、図11（b）に示すように、点対称形状であるS形状の歪みを180度回転しても同一形状のS形状になるため、差分が全く測定できず、移動鏡2X、2Yの歪みの補正を行うことができない。

【0005】本発明の目的は、移動鏡の形状の影響を確実に排除することができる座標測定装置を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】実施の形態を示す図1～図8に対応づけて説明すると、請求項1に記載の発明は、被測定物5を移動させるステージ1と、ステージ1に取付けられた平面状の移動鏡2Xと、移動鏡2Xに向けてレーザビームを照射することによりステージ1の位置を計測する座標測定用干渉計41Xと、被測定物5上の測定点を検出する検出器3とを備え、検出器3が測定点を検出したときのステージ1の位置を座標測定用干渉計41Xによって計測することにより測定点の座標を測定する座標測定装置に適用される。そして、移動鏡2Xの2点にレーザビームを照射することにより2点間の相対位置関係を検出する形状計測用干渉計13、14と、

ステージ1に設けた別の鏡2 Yの2点にレーザビームを照射したときの2点間の相対位置関係に基づいてステージ1の回転角を検出する回転角検出用干渉計2 1, 2 2とを備え、移動鏡2 Xに沿ってステージ1を移動したときに形状計測用干渉計1 3, 1 4により検出した複数の相対位置関係データを繋ぎ合わせるとともに、回転角検出用干渉計2 1, 2 2により検出した回転角データに基づいて相対位置関係データを補正することにより移動鏡2 Xの形状を計測し、計測された移動鏡2 Xの形状に基づいて測定点の座標を補正するものである。請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の座標測定装置において、移動鏡2 Xと直交して設けられた第2の移動鏡2 Yと、第2の移動鏡2 Yに向けてレーザビームを照射する第2の座標測定用干渉計4 1 Yとをさらに備え、移動鏡2 Xの形状計測時にはステージ1を第2の移動鏡2 Yの法線方向に移動させるとともに、回転角検出用干渉計2 1, 2 2は第2の移動鏡2 Yに向けてレーザビームを照射するものである。請求項3に記載の発明は、請求項1または2に記載の座標測定装置において、形状計測用干渉計1 3, 1 4から射出されたレーザビームの光軸に挿入する平行平板3 0 (3 1)を備え、平行平板3 0 (3 1)を光軸に対して傾けることによりレーザビームを横ざらしにするものである。請求項4に記載の発明は、請求項1～3のいずれか1項に記載の座標測定装置において、測定点の座標測定時には、形状計測用干渉計1 3, 1 4あるいは回転角検出用干渉計2 1, 2 2を用いてステージ1の姿勢を計測し、計測されたステージ1の姿勢に基づいて測定点の座標を補正するものである。

【0007】なお、本発明の構成を説明する上記課題を解決するための手段の項では、本発明を分かり易くするために発明の実施の形態の図を用いたが、これにより本発明が実施の形態に限定されるものではない。

【0008】

【発明の実施の形態】以下、図1～図9を用いて本発明による形状測定装置の一実施の形態について説明する。

【0009】図1において、1はXY平面内を移動可能に設けられたXYステージ、2 Xは鏡面の法線がX軸方向を向くようにXYステージ1に取付けられた移動鏡、2 Yは鏡面の法線がY軸方向を向くようにXYステージ1に取付けられた移動鏡、3はXYステージ1に載置された被測定物5のパターンを検出する対物レンズ、4 XはXYステージ1のX座標を計測するための光学系、4 YはXYステージ1のY座標を計測するための光学系である。

【0010】図1に示すように、不図示の光源から射出されたレーザビーム6は分岐されて光学系4 Xおよび光学系4 Yに導かれる。光学系4 Xから射出された2対のレーザビームのうち、一方のレーザビーム対は移動鏡2 Xに、他方のレーザビーム対は鏡面の法線がX軸方向に向くように対物レンズに取付けられた固定鏡7 Xに、そ

れぞれ照射され、各レーザビーム対は移動鏡2 Xおよび固定鏡7 Xにおいて反射される。光学系4 Xは干渉計4 1 X (図3)に接続されており、ステージ1のX座標が移動鏡2 Xまでの光路と固定鏡7 Xまでの光路との光路長差に基づいて計測される。

【0011】光学系4 Yから射出された2対のレーザビームのうち、一方のレーザビーム対は移動鏡2 Yに、他方のレーザビーム対は鏡面の法線がY軸方向に向くように対物レンズ3に取付けられた固定鏡7 Yに、それぞれ照射され、移動鏡2 Yおよび固定鏡7 Yにおいて反射される。光学系4 Yは干渉計4 1 Y (図3)に接続されており、ステージ1のY座標が移動鏡2 Yまでの光路と固定鏡7 Yまでの光路との光路長差に基づいて計測される。

【0012】XYステージ1に載置された被測定物5を対物レンズ3により捉えて、被測定物5の測定点を所定の位置 (例えば対物レンズ3の視野の中央) に設置し、このときのXYステージ1の座標を上述の方法で計測することにより測定点のXY座標を求めることができる。但し、後述するように、本実施の形態の座標測定装置では移動鏡2 Xおよび移動鏡2 Yの鏡面形状に基づいて座標の補正を行う。

【0013】図2に示すように、本実施の形態の座標測定装置には、光学系4 X、干渉計4 1 X、光学系4 Yおよび干渉計4 1 Yとは別に、移動鏡2 Xまでの距離を計測する干渉計1 1～1 4と、移動鏡2 Yまでの距離を計測する干渉計2 1～2 4とがXYステージ1の周辺に設けられている。干渉計1 1～1 4および干渉計2 1～2 4はいわゆるヘテロダインレーザ干渉計方式により、移動鏡2 Xおよび移動鏡2 Yまでの距離をそれぞれ4点において計測できるように構成されている。

【0014】干渉計1 1～1 4および干渉計2 1～2 4は移動鏡2 Xおよび移動鏡2 Yの鏡面形状を計測するためのものであり、本実施の形態の座標測定装置では、計測された移動鏡2 Xおよび移動鏡2 Yの鏡面形状に基づいて座標測定のためのデータ補正を行うようにしている。

【0015】図3において、1 XはXYステージ1をX軸方向に移動する駆動装置、1 YはXYステージ1をY軸方向に移動する駆動装置、Cは制御装置、8は記憶装置である。干渉計4 1 Xおよび干渉計4 1 Yにより得られたXYステージ1の座標値および干渉計1 1～1 4, 2 1～2 4の計測データが制御装置Cに入力され、駆動装置1 Xおよび駆動装置1 Yが制御装置Cにより制御される。制御装置Cは移動鏡2 Xおよび移動鏡2 Yの鏡面形状を算出し、その形状を記憶装置8に記憶するとともに、記憶装置8に記憶された形状データに基づきXYステージ1の座標を補正する演算を行う。

【0016】次に、移動鏡2 Xおよび移動鏡2 Yの鏡面形状を計測する場合の動作について説明する。

【0017】図4は、移動鏡2 Xの鏡面形状を計測する

ための4軸干渉計配置を示している。移動鏡2Xの鏡面形状を計測する場合には、XYステージ1を一定のピッチでY方向に移動させ、各々の停止位置で干渉計13および干渉計14により計測される座標値を取込んでいく。

【0018】この座標値を積分することにより移動鏡2Xの鏡面形状 $f(y)$ を求めることができるが、XYステージ1のY方向への移動にともないXYステージ1の回転誤差成分 $e_p(y)$ と並進誤差 $e_x(y)$ が必ず発生する。これらの誤差を排除しない限り正確に鏡面形状を計測することはできないが、本実施の形態の装置では干渉計21および干渉計22を用いることにより、誤差

$$m_{x1}(y) = f(y - d_A) + e_x(y) - d_A \cdot e_p(y) \quad \dots \text{式(1)}$$

【数2】

$$m_{x2}(y) = f(y + d_B) + e_x(y) + d_B \cdot e_p(y) \quad \dots \text{式(2)}$$

【0020】式(2)から式(1)を減算すると、並進誤差 $e_x(y)$ がとれて、次式のようにになる。

$$m_{x2}(y) - m_{x1}(y) = f(y + d_B) - f(y - d_A) + (d_A + d_B) \cdot e_p(y) \quad \dots \text{式(3)}$$

【0021】干渉計13の光軸と干渉計14の光軸との間隔を $L (= d_A + d_B)$ 、干渉計21の光軸と干渉計22の光軸との間隔を D とすると、回転誤差成分 $e_p(y)$ は干渉計21の計測値 $m_{y1}(y)$ および干渉計

$$e_p(y) = -\arctan \{ (m_{y1}(y) - m_{y2}(y)) / D \} \quad \dots \text{式(4)}$$

【0022】したがって、 D が大きければ大きいほど確度良く回転誤差成分 $e_p(y)$ が求まることになる。式

$$\begin{aligned} m_{x2}(y) - m_{x1}(y) &= f(y + d_B) - f(y - d_A) \\ &\quad - L \cdot \arctan \{ (m_{y1}(y) - m_{y2}(y)) / D \} \end{aligned} \quad \dots \text{式(5)}$$

となる。求められた式(5)は干渉計13および干渉計14による2つの計測点を結ぶ直線の傾きであるので、これを積分すれば傾き係数が掛かった $f(y)$ に比例した値が求まり、さらにこの値に傾き係数を掛けてオフセットを取り除けば移動鏡2Xの鏡面形状が求まる。

【0023】XYステージ1が500mm角の場合、干渉計13および干渉計14の光軸間隔 L は、例えば3mm～15mm程度に設定される。また、干渉計21および干渉計22の光軸間隔 D は移動鏡2Yの両端部に光軸が位置するように定めれば計測精度の点で有利である。

【0024】一般に電気処理におけるサンプリング定理に従えば、干渉計13および干渉計14の光軸間隔が L の場合、 $L/2$ 周期以上の形状の周期うねりは計測できないという欠点がある。光軸間隔 L が有限な値である限り、このような計測不可能な周期うねりの領域が存在する。例えば、図6に示すように光軸間隔 L と同一周期の

を排除している。なお、厳密にはZ方向の並進誤差もあるが、移動鏡2Xの鏡面形状を計測する場合には影響が少ないため、ここでは無視して説明する。

【0019】干渉計13、干渉計14、干渉計21および干渉計22による計測値をそれぞれ、 $m_{x1}(y)$ 、 $m_{x2}(y)$ 、 $m_{y1}(y)$ および $m_{y2}(y)$ とする。図5に示すように、各停止位置における計測位置のY座標を y 、 y から干渉計13の光軸までの距離を d_A 、 y から干渉計14の光軸までの距離を d_B とすると、干渉計13の計測値 $m_{x1}(y)$ および干渉計14の計測値 $m_{x2}(y)$ は次のようになる。

【数1】

【数3】

22の計測値 $m_{y2}(y)$ の差から求められ、次式のようになる。

【数4】

(4)を式(3)に代入すれば、

【数5】

周期うねりがあった場合にはXYステージ1が移動しても干渉計13および干渉計14の光軸長が同一のタイミングで変化するので、周期うねりが計測できないことが明らかである。

【0025】このような欠点に対処するため、本実施の形態では、図7に示すような平行平板30を干渉計13の光軸に挿入し、平行平板30の回転角を変化させることによって干渉計30の光軸をY軸方向に任意の距離 Δd だけ移動可能としている。これにより、光軸間隔 L を狭める方向に変化させたときの変化の前後の計測値を取込むとともに、その計測値を積分することにより短周期のうねりの計測をすることができる。ただし、平行平板30はその屈折率が均質・等方的である他、厚さむらがないか、あるいは厚さむらが既知のものを用いる必要がある。

【0026】図9に示すように、平行平板30の厚さを

dとし、光軸に対して平行平板30を角度 i_1 だけ傾けたとき、光軸のずれ幅 Δd は、

$$\Delta d = \{d \cdot \sin(i_1 - i_2)\} / \cos i_2$$

となるので、平行平板30の回転角に基づいて Δd を算出することができる。

【0027】移動鏡2Xの鏡面形状を計測するに際し、XYステージ1の移動ピッチの粗さを補うために、図8に示すように干渉計13の光軸および干渉計14の光軸の両者に掛かるように平行平板31を挿入してもよい。この場合、平行平板31の回転角を変化させることにより光軸間隔を不変のまま2つの光軸をY軸方向に任意の距離 Δd だけ移動させることができるので、XYステージ1の移動ピッチが粗く、微小量の移動が不可能な場合でも、計測位置 y を細かく（連続的に）ずらすことができる。

【0028】以上、移動鏡2Xの鏡面形状を計測する場合について説明したが、移動鏡2Yの鏡面形状を計測する場合には、XYステージをX軸方向に移動させながら干渉計23および干渉計24により計測される光路長差を積分すればよい。この場合、干渉計11および干渉計12により回転誤差成分を検出することができる。

【0029】以上の手法によって計測された移動鏡2Xおよび移動鏡2Yの鏡面形状は、記憶装置8に記憶され、被測定物5の座標測定に際して記憶された計測値に基づいて座標値の補正を行う。これにより、移動鏡2Xおよび移動鏡2Yの鏡面形状の影響を排除することができるので、正確な座標測定が可能となる。

【0030】座標測定を行う際に、例えば干渉計11～14、干渉計21～24のうちのいずれか2つ以上の干渉計を用いて、XY平面内での回転角等、XYステージ1の姿勢を計測するようにしてもよい。計測されたXYステージ1の姿勢のデータを用いて座標測定の測定値を補正することにより、さらに座標測定の精度を向上させることができる。例えば、座標測定のためXYステージ1を駆動する間、干渉計11および干渉計14の光路長差を検出することにより、XYステージ1のXY平面内の回転角が求まるので、これにより座標測定値を補正することができる。

【0031】

【発明の効果】請求項1に記載の発明によれば、移動鏡に沿ってステージを移動したときに形状計測用干渉計により検出した複数の相対位置関係データを繋ぎ合わせるとともに、回転角検出用干渉計により検出した回転角データに基づいて相対位置関係データを補正することにより移動鏡の形状を計測し、計測された移動鏡の形状に基づいて測定点の座標を補正するので、移動鏡の形状の影響を受けることなく高精度に座標測定を行うことができ

【数6】

・・・式(6)

る。請求項3に記載の発明によれば、形状計測用干渉計から射出されたレーザビームの光軸に挿入する平行平板を備え、平行平板を光軸に対して傾けることによりレーザビームを横ずらしするので、レーザビームの照射位置を制御できる。請求項4に記載の発明によれば、測定点の座標測定時には、形状計測用干渉計あるいは回転角検出用干渉計を用いてステージの姿勢を計測し、計測されたステージの姿勢に基づいて測定点の座標を補正するので、ステージの姿勢の影響を排除して高精度に座標測定を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による座標測定装置の一実施の形態を示す斜視図。

【図2】実施の形態の座標測定装置を示す上面図。

【図3】実施の形態の座標測定装置を示すブロック図。

【図4】移動鏡の鏡面形状を計測する場合の干渉計配置を示す図。

【図5】干渉計の光軸間隔を示す図。

【図6】移動鏡の鏡面に周期的なうねりがある場合を示す図。

【図7】平行平板によりレーザビームの光軸間隔を狭める場合を示す図。

【図8】平行平板によりレーザビームの2箇所の照射位置をシフトする場合を示す図。

【図9】平行平板による光軸のシフト量を説明する図。

【図10】従来の座標測定装置を示す図。

【図11】マスクパターンを反転して形状計測することにより、移動鏡の歪みを検出する手法を示す図であり、

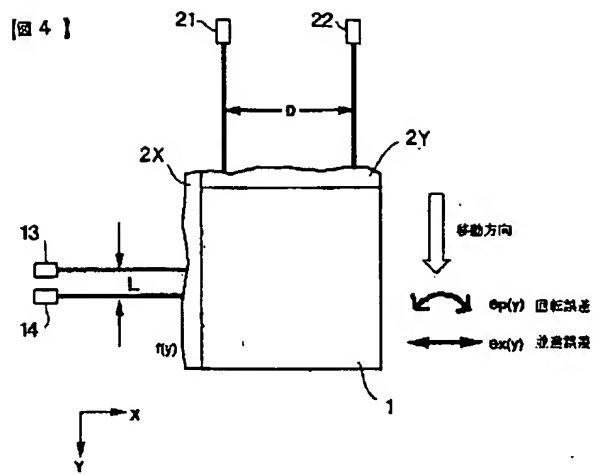
(a)は歪みが線対称成分からなる場合を示す図、

(b)は歪みが点対称成分からなる場合を示す図。

【符号の説明】

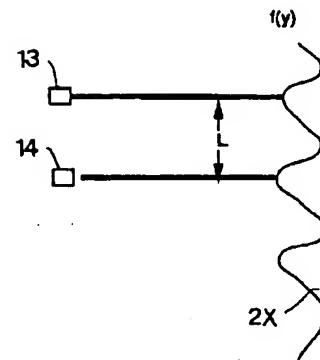
1	XYステージ
2X	移動鏡
2Y	移動鏡
3	検出器
5	被測定物
13	干渉計
14	干渉計
21	干渉計
22	干渉計
30	平行平板
31	平行平板
41X	干渉計

【図4】



【図6】

【図6】

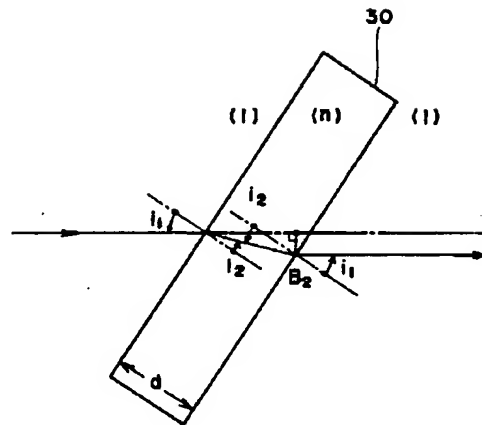
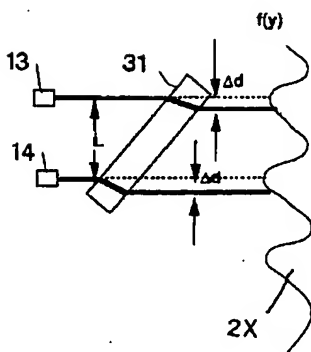


【図8】

【図9】

【図8】

【図9】



【図10】

【図11】

